

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- ~~BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS~~
- GRAY SCALE DOCUMENTS

---

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

THIS PAGE BLANK (USPTO)

~~BEST AVAILABLE COPY~~

(19) BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

(12) Offenlegungsschrift  
(10) DE 197 24 313 A 1

(51) Int. Cl. 6:  
G 06 F 15/80

DE 197 24 313 A 1

(21) Aktenzeichen: 197 24 313.4  
(22) Anmeldetag: 10. 6. 97  
(43) Offenlegungstag: 17. 12. 98

(71) Anmelder:

Renner, Uwe, Dr., 04105 Leipzig, DE; Kiefer, Clemens, Dr., 04299 Leipzig, DE; Eisenberg, Wolfgang, Dr., 04129 Leipzig, DE

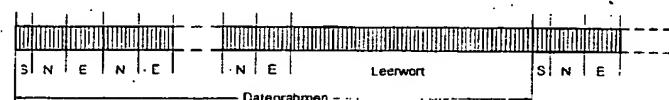
(72) Erfinder:

gleich Anmelder

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Zellulärer Automat

(57) Die Erfindung bezieht sich auf zelluläre Automaten, die aus einer Vielzahl von flächenhaft oder räumlich angeordneten Prozessorzellen bestehen. Zur Reduzierung des Hardwareaufwandes wird die Tabelle extern und global zugänglich gespeichert. Sie wird als Informationsbitfolge synchron mit der Taktbitfolge optoelektronisch mittels Lichtquellen und -empfängern übertragen. Die global gesendete Informationsbitfolge setzt sich aus Synchronwort, Tabelle und Leerwort zusammen. Jede Prozessorzelle bildet nach einer Rechenvorschrift aus den Eigenzustandsworten der Nachbarzellen das Nachbarzustandswort und ermittelt mit ihm aus der Tabelle das neue Eigenzustandswort. Das Eigenzustandswort wird im Zustandsspeicher der Prozessorzelle abgelegt.



DE 197 24 313 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft allgemein massive Parallelrechner und speziell zelluläre Automaten.

Eine CPU (Central Processing Unit) besitzt zum Zwecke der universellen Einsetzbarkeit einen sehr großen Befehlsatz, der die theoretisch erreichbare Rechengeschwindigkeit herabsetzt. Zur Erhöhung der Rechengeschwindigkeit werden in Parallelrechnern mehrere CPU's zusammenge schaltet. Die Rechengeschwindigkeit dieser Parallelrechner wird vor allem durch den-Bus begrenzt, der den Datenaustausch zwischen den einzelnen CPU's ermöglicht. Die Synchronisation der CPU's ist mit großem Hardwareaufwand verbunden. Das Hauptproblem dieser Parallelrechner liegt in der komplizierten Software. Sie unterteilt die Gesamtaufgabe in Teilaufgaben, die von den einzelnen CPU's zu lösen sind.

Zur Verringerung des Hardware- und Softwareaufwandes und zur weiteren Erhöhung der Rechengeschwindigkeit versucht man, Parallelrechner als zelluläre Automaten herzustellen. Ein zellulärer Automat besteht aus vielen kleinen Prozessorzellen, die z. B. flächenförmig oder räumlich angeordnet sind, so daß jede Prozessorzelle von Nachbarprozessorzellen umgeben ist. Die Prozessorzelle besitzt einen Speicher zur Aufnahme von Zustandsworten und einen Akkumulator, in dem einfachste Rechenoperationen ausgeführt werden. Alle Prozessorzellen haben eine gleiche Befehlsverarbeitung (single instruction). Der Umfang des Befehlsatzes ist gering. Die Prozessorzelle ist mit Nachbarn verbunden, so daß die Zustände der Nachbarzellen registriert werden können und der Eigenzustand den Nachbarn mitgeteilt werden kann. Während eines Verarbeitungszyklusses überprüft die Prozessorzelle den Eigenzustand und den Zustand der Nachbarzellen und ermittelt aus diesen über eine Tabelle den neuen Eigenzustand.

Der Stand der Technik auf dem Gebiet der Parallelrechner wird in den Patenten DE 41 22 385, DE 36 38 947, DE 24 10 491, DE 24 63 200, DE 31 02 150, DE 39 37 532, DE 42 31 002, DE 40 21 251, DE 42 22 275, EP 0701218, EP 0749066 und EP 0753812 beschrieben.

Zelluläre Automaten sind höchst massive Parallelrechner. Die Software ist im Falle zellulärer Automaten relativ einfach. Es ist lediglich eine Tabelle zu erstellen, die jeder Prozessorzelle bekannt sein muß. Aufgrund des kleinen Befehlsatzes der Prozessorzellen und des Fehlens eines zentralen Busses sind sehr hohe Rechengeschwindigkeiten möglich.

Der Nachteil bekannter zellulärer Automaten besteht darin, daß die Tabelle den Prozessorzellen der Reihe nach sequentiell über Leitungen übertragen wird. Damit ist eine wahrhaft parallele Verarbeitung nicht möglich. Außerdem ist ein relativ hoher Hardwareaufwand erforderlich. Aufwendig ist auch der von außen gesteuerte synchrone Programmablauf.

Aufgabe der Erfindung ist die Beseitigung der aufgeführten Mängel bekannter zellulärer Automaten. Diese Aufgabe wird durch die Merkmale des Anspruchs 1 gelöst. Weitere Ausgestaltungsmöglichkeiten ergeben sich aus den Unteransprüchen 2 bis 5.

In der Erfindung wird vorgeschlagen, die Zustandsänderung eines zellulären Automaten durch Zugriff auf eine gemeinsame globale Tabelle durch optoelektronische Übertragung zu realisieren. Dadurch erreicht man eine Reduzierung des Hardwareaufwandes. Die Tabellenwerte werden extern gespeichert und jeder Prozessorzelle zugleich (parallel) und sequentiell in fester Reihenfolge optoelektronisch übertragen. In der Prozessorzelle sind zwei optische Sensoren (z. B. Photodioden, Photohalbleiter) installiert, so daß der

5 Zelle von außen der Takt und Informationen übertragen werden können. Takt- und Informationsbitfolge sind synchronisiert.

## Anwendungsbeispiel

Jede Prozessorzelle ist mit Nachbarzellen über eine oder mehrere Leitungen verbunden, so daß der Zustand der Nachbarzellen sequentiell oder parallel eingelesen werden kann. Eine Zustandsänderung der Nachbarprozessorzellen kann zu einer Änderung des Eigenzustandes der Prozessorzelle führen. Im Akkumulator der Prozessorzelle wird nach einer bestimmten Rechenvorschrift unter Berücksichtigung des Eigenzustandes aus den Nachbarzuständen das Nachbarzustandswort gebildet. Es kann z. B. die Summe der Zustandswerte der nächsten Nachbarzellen sein. Zu jedem Nachbarzustandswort gehört ein Eigenzustandswort, das den neuen Zustand darstellt, den die Prozessorzelle einnimmt. In der extern gespeicherten Tabelle sind die Gesamtheit der möglichen Nachbarzustandsworte und die dazugehörigen Eigenzustandsworte eindeutig enthalten.

25 Eine global angeordnete Strahlungsquelle (Leuchtdiode, Laser,...) der Wellenlänge  $\lambda_1$  sendet den Takt, eine zweite Strahlungsquelle auf einer anderen Wellenlänge  $\lambda_2$  eine Informationsbitfolge. Taktbitfolge und Informationsbitfolge werden synchronisiert ausgestrahlt. Jede Prozessorzelle hat zwei Strahlungssensoren (Photodioden...), die unterschiedlich selektiv für die eine oder andere Wellenlänge  $\lambda_1$  oder  $\lambda_2$  empfindlich sind. Somit werden von der Prozessorzelle der Takt und die Informationsbitfolge getrennt empfangen. Der Takt ist für den Programmablauf in der Prozessorzelle verantwortlich.

30 Die Informationsbitfolge wird in Datenrahmen zusammengefaßt, wobei jeder Datenrahmen aus Synchronwort, Tabelle und Leerwort besteht (s. Fig. 1a, 1b). Mit der Synchronisierung wird der Beginn des neuen Datenrahmens allen Prozessorzellen mitgeteilt wodurch die gleichzeitige Abarbeitung des Programmes zur Ermittlung des neuen Zustandes garantiert wird. Das Synchronwort kann z. B. nach DIN 66224 aus 4 Bit oder nach IRI-G (Inter-Range-Instrumentation-Group) aus zwei Barkerworten zu je 8 Bit pseudostatistischen Bitmusters bestehen. Auch andere Bitfolgen oder Codierungen zur Synchronisierung sind möglich. Die Tabelle besteht aus einer Folge von Informationsworten, die wiederum aus Nachbarzustandswort und Eigenzustandswort bestehen. Das Nachbarzustandswort und das Eigenzustandswort können z. B. je 8 Bit lang sein. Das Leerwort ist zur Überbrückung der Zeit vorgesehen während der in jeder Prozessorzelle das neue Eigenzustandswort ermittelt wird.

35 45 50 55 60 65 In der Prozessorzelle wird die Informationsbitfolge in einem Schieberegister gespeichert. Die am Schieberegister angeschlossene Auswertelogik, vergleicht die Bitfolge des Schieberegisters mit dem in einem Speicher befindlichen Synchronwort und mit dem im Akkumulator der Prozessorzelle gespeicherten Nachbarzustandswort. Bei Übereinstimmung der Bitfolge mit dem Synchronwort wird z. B. ein Reset ausgelöst und bei Übereinstimmung der Bit folge mit dem Nachbarzustandswort wird das im Schieberegister befindliche Eigenzustandswort (Neuzustand der Prozessorzelle) vom Zustandsspeicher übernommen. Nachdem die Übertragung der Tabelle abgeschlossen ist, liest während der Übertragung des Leerwortes jede Prozessorzelle die Zustandsworte der Nachbarzellen in den Akkumulator ein, in dem das neue Nachbarzustandswort gebildet wird. Danach beginnt wieder ein neuer Datenrahmen mit dem Synchronwort usw.

## Patentansprüche

1. Zellulärer Automat bestehend aus einer Vielzahl von flächenhaft oder räumlich angeordneten Prozessorzellen, die mit Nachbarzellen verbunden sind und in definierten Zeitabschnitten den neuen Eigenzustand unter Berücksichtigung des alten Eigenzustandes aus den Zuständen der Nachbarzellen parallel bilden und diesen im Zustandsspeicher der Zelle ablegen, dadurch gekennzeichnet, daß eine Taktbitfolge und eine mit ihr synchronisierte Informationsbitfolge zur Übermittlung einer Tabelle global ausgestrahlt werden derart, daß jede Prozessorzelle diese Bit folgen für die eigene Programmabarbeitung zur Bildung des neuen Eigenzustandswortes selektiv und parallel empfängt. 5
2. Zellulärer Automat nach Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, daß die als Bitfolge übertragene Tabelle aus einer Folge von Informationsworten besteht, wobei jedes Informationswort aus einem Nachbarzustandwort und einem Eigenzustandwort besteht. 10
3. Zellulärer Automat nach Anspruch 1 bis 2 dadurch gekennzeichnet, daß die Programmabarbeitung in der Prozessorzelle derart erfolgt, daß unter Zuhilfenahme der Eigenzustandsworte der Nachbarzellen optional nach einer bestimmten Rechenvorschrift ein Nachbarzustandswort gebildet wird, nach dem das dazugehörige neue Eigenzustandswort aus der Tabelle ermittelt und im Zustandsspeicher der Prozessorzelle abgelegt wird. 15
4. Zellulärer Automat nach Anspruch 1 bis 3 dadurch gekennzeichnet, daß die global ausgestrahlte Informationsbitfolge aus aufeinanderfolgenden Datenrahmen besteht, wobei jeder Datenrahmen sich aus Synchronwort, Tabelle und Leerwort zusammensetzt. 20
5. Zellulärer Automat nach Anspruch 1 bis 4 dadurch gekennzeichnet, daß eine Strahlungsquelle der Wellenlänge  $\lambda_1$  die Taktbitfolge und eine Strahlungsquelle der Wellenlänge  $\lambda_2$  die Informationsbitfolge global ausstrahlen und daß die Prozessorzellen zum getrennten Empfang dieser Bitfolgen einen Strahlungssensor besitzen, der im Wellenlängenbereich um  $\lambda_1$  empfindlich und im Wellenlängenbereich um  $\lambda_2$  unempfindlich ist und einen Strahlungssensor, der im Wellenlängenbereich um  $\lambda_2$  empfindlich und im Wellenlängenbereich um  $\lambda_1$  unempfindlich ist. 25
- 6.
- 7.
- 8.
- 9.
- 10.
- 11.
- 12.
- 13.
- 14.
- 15.
- 16.
- 17.
- 18.
- 19.
- 20.
- 21.
- 22.
- 23.
- 24.
- 25.
- 26.
- 27.
- 28.
- 29.
- 30.
- 31.
- 32.
- 33.
- 34.
- 35.
- 36.
- 37.
- 38.
- 39.
- 40.
- 41.
- 42.
- 43.
- 44.
- 45.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

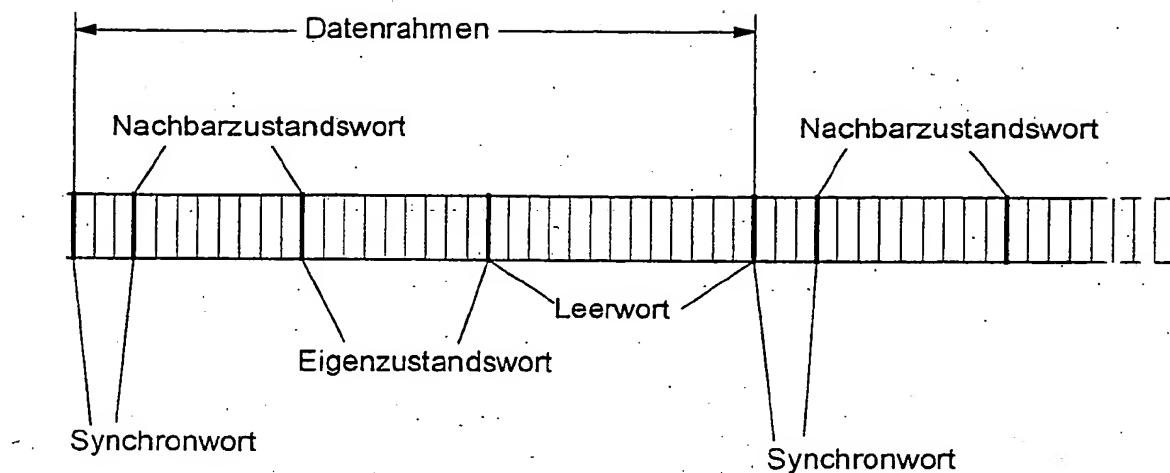


Fig. 1a

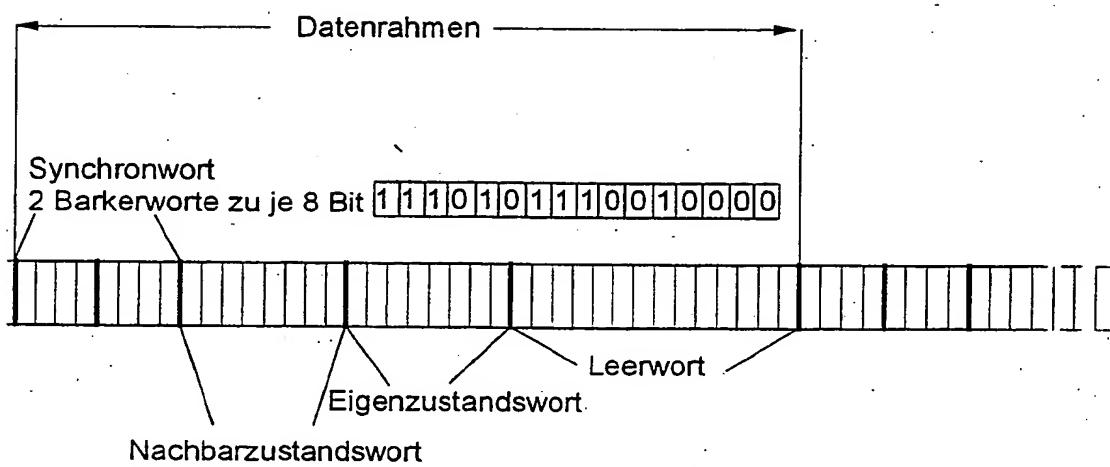


Fig. 1b

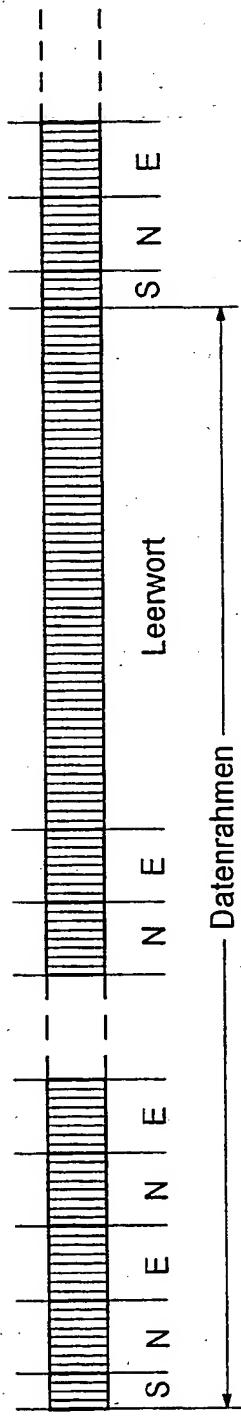


Fig. 1a

S = Synchronwort  
B = Barkerwort  
N = Nachbarzustandswort  
E = Eigenzustandswort

111101011100110000

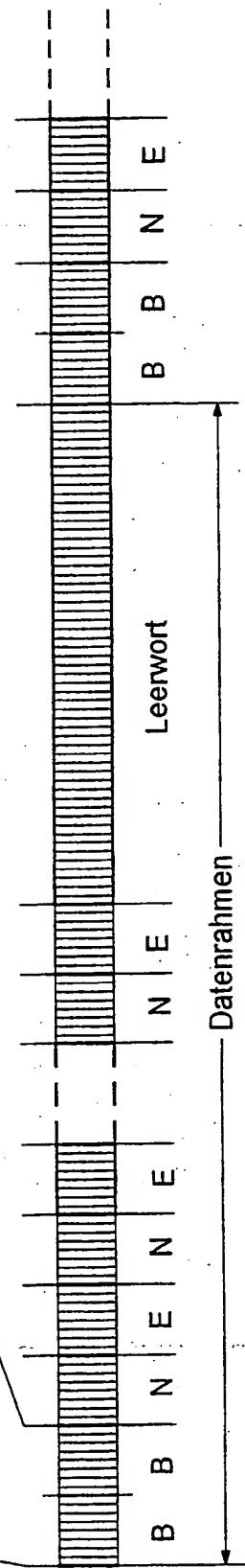


Fig. 1b